

# 北京市蔬菜中农药残留现状及慢性膳食暴露评估

李安, 王北洪, 潘立刚\*, 张秀彤, 王冬, 靳欣欣

(北京农业质量标准与检测技术研究中心, 农业部农产品质量安全风险评估实验室(北京), 北京 100097)

**摘要:** **目的** 了解北京市蔬菜中农药残留污染现状及对北京市居民的膳食风险水平。**方法** 采集2013年北京市主要蔬菜生产基地和大型批发市场的蔬菜样品, 采用NY/T 761-2008和GB/T 20769-2008等方法检测样品中的33种农药残留, 分析北京市蔬菜中农药残留现状, 并结合大城市居民的蔬菜消费情况和食品安全指数法对北京市居民从蔬菜中摄入农药风险进行慢性膳食暴露评估。**结果** 2013年北京市抽检的蔬菜中农药残留检测合格率达99.2%(502/506), 农药超标的蔬菜为白菜类和绿叶菜类, 拟除虫菊酯类农药检出频次较高, 其构成比占40.8%, 检出超标的农药为吡虫啉、毒死蜱、哒螨灵和百菌清, 对所有检出农药进行慢性膳食暴露评估结果表明, 百菌清的日摄入量相对较高, 然而包括百菌清在内所有检出农药的食品安全指数值均小于1。**结论** 北京市蔬菜中农药残留量的安全风险均在可接受范围内, 百菌清是潜在的风险因子, 应重点防患蔬菜中百菌清的残留风险。

**关键词:** 农药残留; 膳食暴露评估; 食品安全指数

## Present situation and chronic dietary exposure assessment of pesticide residues in vegetables in Beijing

LI An, WANG Bei-Hong, PAN Li-Gang\*, ZHANG Xiu-Tong, WANG Dong, JIN Xin-Xin

(Beijing Research Center of Agricultural Standards and Testing, Risk Assessment Lab of Agri-products Quality and Safety (Beijing), Agriculture Ministry of China, Beijing 100097, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the current situation of pesticide residues in vegetables and the level of risks for Beijing residents. **Methods** According to the monitoring data of pesticide residues in vegetables which were gotten from vegetable production bases and large wholesale markets in Beijing in the year 2013 by NY/T 761-2008 and GB/T 20769-2008, it analyzed the current situation of 33 kinds pesticide residues in vegetables, and made chronic dietary exposure assessment of pesticide intake risk for Beijing residents in combination with vegetable consumption of residents in big cities and food safety index method. **Results** It showed that the qualified rate of pesticide residues in vegetables in Beijing of year 2013 was 99.2% (502/506). The vegetables with excessive pesticide residues were cabbage and green leafy vegetables. The detection rate of pyrethroid pesticides was higher, which constituted 40.8% of all the detected pesticides. The excessive pesticides detected were imidacloprid, chlorpyrifos, pyridaben and chlorothalonil. Results of chronic dietary

基金项目: 北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX201203001)

**Fund:** Supported by Special Projects of Construction of Science and Technology Innovation Ability of Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences (KJCX201203001)

\*通讯作者: 潘立刚, 研究员, 主要研究方向为农药学。E-mail: panlg@nercita.org.cn

\*Corresponding author: PAN Li-Gang, Researcher, Beijing Research Center for Agricultural Standards and Testing, No.9, Shuguanghuayuan Middle Road, Haidian District, Beijing 100097, China. E-mail: panlg@nercita.org.cn

exposure risk assessment of samples with detected pesticides showed that daily intake of chlorothalonil was relatively higher, but the food safety index value of food which contained all detected pesticides, including chlorothalonil was less than 1. **Conclusions** Security risks of pesticide residues in vegetable in Beijing are within acceptable ranges. Chlorothalonil is a potential risk factor and should be paid more attention during the control of pesticide pollution.

**KEY WORDS:** pesticide residues; dietary exposure assessment; food safety index

## 1 引 言

蔬菜是日常生活中最普遍的食物之一,是人们摄取维生素和矿物质的主要膳食来源。据统计,我国蔬菜生产面积连续 8 年增长,2014 年达 21405 千公顷<sup>[1]</sup>。近年来,随着蔬菜消费量的不断增加和消费者健康意识的增强,蔬菜的质量安全问题逐渐引起了社会的广泛关注。特别是近年来我国某些地区发生的毒豇豆、毒白菜和毒韭菜等农药残留严重超标事件,使得农药残留成为消费者较为担心的风险隐患。因此,学者们也相继开展了蔬菜中农药残留调查<sup>[2]</sup>、残留规律<sup>[3]</sup>及其对人体健康的风险评估<sup>[4]</sup>等方面研究,对农药残留风险及其评价方法进行了积极的探索。

北京地区蔬菜的消费量具有较大的规模,北京市蔬菜的质量安全问题关系到首都 3000 多万消费者的健康。因此开展北京市蔬菜质量安全风险评估工作,掌握关键风险因子,对于指导蔬菜安全生产和预防蔬菜中农药残留风险隐患具有十分重要的意义。本文分析调查了北京地区 2013 年蔬菜中的农药残留水平,并利用点评估结合食品安全指数法对北京市 2013 年蔬菜质量安全风险进行了评估,为监管部门制定风险管理措施和保障消费者的生命健康提供科学依据。

## 2 材料与方 法

### 2.1 样品采集

根据北京市蔬菜主产区县的种植基地规模,选择大兴、平谷、顺义和密云等蔬菜种植面较广的区县和新发地农产品批发市场为采样点,采集的蔬菜样品包括绿叶菜类、白菜类、根菜类、葱蒜类、甘蓝类、茄果类、瓜类、豆类、薯芋类和芥菜类等各类蔬菜,共收集 506 个样品。生产种植基地的样品采集按 NY/T 789-2004<sup>[5]</sup>进行,批发市场样品采集按照 GB/T 8855-2008<sup>[6]</sup>进行。

### 2.2 测定方法

蔬菜样品中农药残留的分析检测按照 NY/T 761-2008<sup>[7]</sup>和 GB/T 20769-2008<sup>[8]</sup>方法进行,检测项目包括百菌清、氯氟氰菊酯、吡虫啉、毒死蜱、氯氟菊酯、啉霉胺、腐霉利、联苯菊酯、甲氰菊酯、霜脍氰、多菌灵、氟氯氰菊酯、三唑酮、哒螨灵、噻虫嗪、氰戊菊酯、敌敌畏、甲胺磷、乙酰甲胺磷、对硫磷、甲拌磷、甲基对硫磷、久效磷、克百威(含 3-羟基克百威)、乐果、磷胺、三唑磷、杀螟硫磷、水胺硫磷、涕灭威(含涕灭威砒、涕灭威亚砒)、溴氰菊酯、氧化乐果和异丙威共 33 种农药。所用仪器为日本岛津公司的 GC2010 气相色谱仪(带 ECD 和 FPD 检测器)和美国 Waters 公司的 Aquity UPLC-MS/MS 超高效液相色谱-串联质谱仪。

### 2.3 食品安全指数分析

针对北京市生产基地和批发市场的蔬菜样品农药残留的检测结果,提取检测数据并引入国家调查大城市人群人口蔬菜摄入量 and 体重数据以及 GB 2763-2014<sup>[9]</sup>规定的农药 ADI 值,以 *IFS* 值即食品安全指数计算蔬菜中各种农药对消费者的健康危害程度,从而评估农药残留摄入的安全风险,若  $IFS \geq 1$ ,表示存在安全风险,超过了可接受程度,反之则风险可接受。计算公式如下:

$$IFS = \frac{EDI_C \times f}{SI_C \times bw}$$

式中  $EDI_C$  为农药的实际摄入量估算值,等于  $R_i \cdot F_i \cdot E_i \cdot P_i$ ,其中  $R_i$  为蔬菜  $i$  中某农药的残留平均值,mg/kg;  $F_i$  为蔬菜  $i$  的估计摄入量, g/(人·d),  $E_i$  为蔬菜  $i$  的可食用部分因子,  $P_i$  为蔬菜  $i$  的加工处理因子;  $SI_C$  为农药的安全摄入量,  $bw$  为人的平均体重(kg),  $f$  为农药安全摄入量的校正因子。

### 3 结果与分析

#### 3.1 农药残留检出和超标情况

表 1 为 2013 年北京市各类蔬菜中农药残留检出及超标情况。由表 1 可知, 采集的 506 个蔬菜样品中有 109 个样品检出农药残留, 检出率达 21.5% (109/506), 超标率为 0.8% (4/506), 由此说明北京市蔬菜生产过程中农药使用情况比较普遍, 但总体上符合国家农药残留限量标准。检测结果表明, 不同种类蔬菜受农药污染程度不同, 以韭菜为代表的葱蒜类蔬菜检出率最高, 达 53.1% (17/32)。白菜类和甘蓝类蔬菜的农药残留检出率均在 30% 以上, 瓜类的农药残留检出率较低, 为 8.0% (7/87)。农药残留检出超标的样品发生在白菜类和绿叶菜类蔬菜中, 超标率分别为 2.3% (2/87) 和 1.6% (2/127), 具体超标的蔬菜为芹菜和小油菜。

研究结果表明, 2013 年监测的 33 种农药中检出农药达 19 种, 对这 19 种农药按拟除虫菊酯类、有机磷类、有机氯类、氯化烟碱类和杂环类(三唑类、苯并咪唑类、有机氮类等)进行构成比的分类。如图 1 所示, 拟除虫菊酯类农药的构成比最大, 达 40.8%。其次是杂环类, 占 40.2%, 主要是三唑酮、腐霉利、啞霉胺。有机磷类和有机氯类农药的构成比分别占 6.7% 和 6.0%。随着许多高毒的有机磷类和有机氯类

农药在我国被禁用, 这两类农药的使用量有所降低, 而拟除虫菊酯类农药的使用量在近几年逐渐增加。

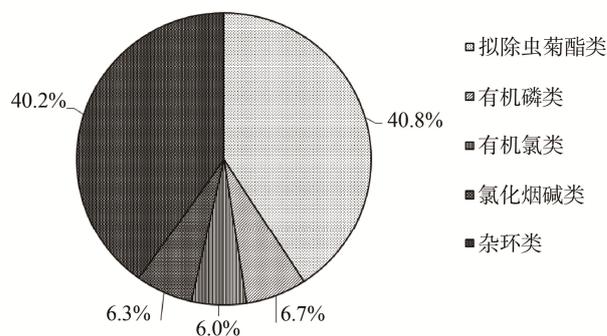


图 1 2013 年北京市蔬菜中农药残留检出种类构成比  
Fig. 1 The constituent ratio of pesticide residues detected in vegetables in Beijing in 2013

表 2 列出了检出的 19 种农药检出率和超标率情况。检出频次最高的农药为氯氰菊酯, 检出率达 6.9%。检出农药发现使用禁用农药甲胺磷, 检出率为 0.5% (2/406), 但未超出 GB 2763-2014 规定的再残留限量。检出超标的农药为百菌清、氯氟氰菊酯、吡虫啉和毒死蜱 4 种, 其中百菌清的超标率最高, 为 0.5% (2/406)。

表 1 2013 年北京市各类蔬菜中农药残留检出和超标情况

Table 1 The detection and excessive residual of pesticides in all kinds of vegetables in Beijing in 2013

蔬菜种类	样品数/个	检出数/个	检出含量范围/mg/kg	检出率/%	超标数/个	超标率/%
白菜类	87	34	ND~7.618	39.1	2	2.3
绿叶菜类	127	22	ND~3.041	17.3	2	1.6
葱蒜类	32	17	ND~0.599	53.1	-	-
甘蓝类	18	6	ND~0.045	33.3	-	-
茄果类	94	16	ND~0.401	17.0	-	-
根菜类	39	5	ND~0.128	12.8	-	-
瓜类	87	7	ND~0.298	8.0	-	-
其他	22	2	ND~0.620	9.1	-	-
合计	506	109	-	21.5	4	0.8

注: “-”表示未发现 33 种农药中有超标情况; ND 表示未检出。

表 2 2013 年北京市蔬菜中主要农药残留安全指数  
Table 2 Food safety index of the main pesticides detected in vegetables in Beijing in 2013

农药残留种类	检出率/%	超标率/%	平均含量 /(mg/kg)	P50 值 /(mg/kg)	检出含量范围 /(mg/kg)	$F_i$ g/(人·d)	$ED1c$ /(mg/d)	ADI/ (mg/kg)	$IFS$
百菌清	2.7	0.5	0.037	0.001	ND~7.000	276.7	0.0102	0.02	0.009
敌敌畏	0.5	-	0.005	0.005	ND~0.097	276.7	0.0015	0.004	0.006
甲胺磷	0.5	-	0.005	0.005	ND~0.045	276.7	0.0014	0.004	0.006
霜脍氰	2.5	-	0.009	0.007	ND~0.370	276.7	0.0025	0.013	0.003
毒死蜱	1.8	0.2	0.005	0.004	ND~0.180	276.7	0.0015	0.01	0.002
乙酰甲胺磷	0.2	-	0.015	0.015	ND~0.055	276.7	0.0042	0.03	0.002
吡虫啉	1.8	0.2	0.027	0.025	ND~0.620	276.7	0.0073	0.06	0.002
氯氰菊酯	6.9	-	0.007	0.001	ND~0.473	276.7	0.0019	0.02	0.002
三唑酮	1.2	-	0.010	0.010	ND~0.033	276.7	0.0028	0.03	0.002
噻虫嗪	1.0	-	0.015	0.012	ND~0.244	276.7	0.0041	0.08	0.001
哒螨灵	1.0	-	0.003	0.003	ND~0.027	276.7	0.0009	0.01	0.001
氯氟氰菊酯	2.0	0.2	0.005	0.001	ND~0.880	276.7	0.0014	0.02	0.001
多菌灵	2.4	-	0.005	0.002	ND~0.543	276.7	0.0015	0.03	0.001
腐霉利	4.9	-	0.017	0.005	ND~1.500	276.7	0.0047	0.1	0.001
氰戊菊酯	0.8	-	0.003	0.002	ND~0.652	276.7	0.0009	0.02	0.001
联苯菊酯	3.7	-	0.001	0.001	ND~0.079	276.7	0.0003	0.01	0.001
甲氰菊酯	3.2	-	0.001	0.001	ND~0.038	276.7	0.0004	0.03	<0.001
氟氯氰菊酯	1.7	-	0.001	0.001	ND~0.015	276.7	0.0003	0.04	<0.001
啉霉胺	6.0	-	0.004	0.002	ND~0.054	276.7	0.0011	0.2	<0.001

注:“-”表示未发现 33 种农药中有超标情况; ND 表示未检出。

### 3.2 农药残留安全指数分析

根据食品安全指数法计算 2013 年北京市蔬菜中 19 种检出农药的安全指数。北京市居民对蔬菜的日摄入量数据采用 2002 年中国居民营养与健康状况调查报告之二《2002 膳食与营养素摄入状况》中大城市人群蔬菜平均摄入量数据, 利用连续 3 天 24 小时回顾询问法调查包括蔬菜及其制品在内的所有摄入食品, 其中大城市人群蔬菜的日摄入量为  $F_i=276.7$  g/(人·d)<sup>[10]</sup>。根据文献资料<sup>[11,12]</sup>, 本次评估设  $E_i=1$ ;  $P_i=1$ ;  $bw=60$  kg;  $SIc$  取可接受日摄入量(即 ADI 值);  $f$  取 1; 未检出值按 1/2 LOD 值处理, 计算结果如表 2 所示。从表 2 可以看出, 百菌清的膳食摄入量最高, 达 0.0102 mg/d, 其  $IFS$  值也比其他农药高, 因此是主要的风险因子之一, 甲胺磷的膳食摄入量虽然只有 0.0014 mg/d, 但由于 ADI 值较低, 仅为 0.004 mg/kg,

因此其  $IFS$  值相对较高。总体上看, 2013 年所有检出农药的安全指数都小于 1, 说明这些农药残留量对蔬菜安全风险是可以接受的。因此, 按照所研究的消费人群饮食习惯及蔬菜中农药残留情况, 北京地区的蔬菜农药残留风险较低, 安全状态可接受。

### 4 讨 论

本次农药残留调查对象为 2013 年北京市 5 个蔬菜主产区区和 1 个大型农产品批发市场的 91 种蔬菜合计 506 份样品, 蔬菜样品种类齐全, 具有代表性。本次监测农药共 33 种, 包含常用的有机磷类、有机氯类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类、氯化烟碱类以及其他杂环类农药, 覆盖面广。北京市近年来对蔬菜种植基地大力推行标准化和无公害生产, 对批发市场的农产品进行严格的质量监管, 因此农药的使用

进一步规范化和科学化。采集的506个蔬菜样品中农药残留合格率达99.2%(502/506),比2007年黄月香等<sup>[13]</sup>对北京市蔬菜的农药残留监测合格率高出1.4%。

研究发现韭菜的农药残留检出频次较高,可能是由于韭菜容易受韭蛆等虫害的影响,往往农药施用量大,且由于韭菜根部易吸收农药的特点,使得韭菜中农药残留明显。农药喷施时往往喷洒在叶片上,而绿叶菜类和白菜类蔬菜的叶表皮气孔数量比其他菜类要多,其蜡质层也比较薄,因此相对容易吸收和富集农药而导致超标现象。调查发现百菌清的残留量较高,平均残留量为1.358 mg/kg,且发现超标现象。百菌清是一种取代苯类广谱性杀菌剂,广泛应用于果蔬霜霉病、灰霉病和白粉病等病害的防治,虽然本身没有内吸传导作用,但喷施后在植物体表具有良好的黏着性,不易被雨水冲刷,间隔期较长,因此容易造成残留甚至超标。毒死蜱、吡虫啉和氯氟氰菊酯都是高效、广谱的杀虫剂,在多种植物上登记使用,由于持效期均在20 d以上,因此是造成这几种农药残留超标的重要因素之一。个别农户种植的蔬菜样品中检出了国家明令禁止使用的高毒有机磷农药甲胺磷,尽管未超出GB 2763-2014规定的再残留限量,但是仍须加强对菜农在农药使用法规特别是禁限用农药种类的宣传力度,以防患农药残留安全风险事故的发生。

农药的各种生理毒性效应与人体摄入农药的绝对量直接相关,因此评价蔬菜中农药残留安全风险时,采用人体对蔬菜中农药残留的实际摄入量与其安全摄入量进行比较的方法,较为科学合理。食品安全指数法实际上是一种点评估模型,即将经过膳食调查获得的人群食物消费量设为固定值,乘以固定的污染物浓度以及各类因子,并将所有食物来源的污染物暴露量累加后再除以人群平均体重即为某污染物的人群膳食暴露量。目前,食品安全指数法主要应用于单一农药的安全风险研究,对于复合农药的安全风险评价方法尚需进一步的研究解决。选用针对大城市居民对蔬菜的标准人日摄入量作为膳食暴露评估的基础数据具有代表性。然而随着饮食方式的逐渐变化,十年来居民对蔬菜的摄入量也发生一定程度的变化。因此亟需获取更新的膳食数据,从而对当前的农药残留暴露风险进行更为客观的评估。

## 5 结 论

2013年北京市抽检的蔬菜中农药残留检测合格率达99.2%,白菜类和绿叶菜类蔬菜发现农药超标现象,检出超标的农药为吡虫啉、毒死蜱、哒螨灵和百菌清。拟除虫菊酯类农药检出频次较高,其构成比占40.8%。慢性膳食暴露评估结果表明,北京市蔬菜中所有检出农药的食品安全指数值均小于1,农药残留安全风险可接受,其中百菌清的日摄入量相对较高,应列入重点防患的风险因子。

## 参考文献

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015. National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2015.
- [2] 郝世宾, 刘丽, 魏青. 廊坊市市售蔬菜中农药残留的调查分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(10): 3854-3849. Hao SB, Liu L, Wei Q. Investigation and analysis of pesticide residues in the market vegetables in Langfang City [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(10): 3854-3849.
- [3] 邓波, 王珊珊, 陈国元. 2007-2011年全国蔬菜农药残留状况规律分析[J]. 实用预防医学, 2013, 2(2): 253-257. Deng B, Wang SS, Chen YG. Regular analysis on the residual status of pesticides in vegetables in China from 2007 to 2011 [J]. Pract Pre Med, 2013, 2(2): 253-257.
- [4] 白新明. 蔬菜农药残留对人体健康急性风险概率评估研究[J]. 食品科学, 2014, 35(5): 208-212. Bai XM. Assessment of acute human health risk of pesticide residues in vegetable [J]. Food Sci, 2014, 35(5): 208-212.
- [5] NY/T 789-2004 农药残留分析样本的采样方法[S]. NY/T 789-2004 Guideline on sampling for pesticide residue analysis [S].
- [6] GB/T 8855-2008 新鲜水果和蔬菜取样方法[S]. GB/T 8855-2008 Fresh fruits and vegetables-sampling [S].
- [7] NY/T 761-2008 蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定[S]. NY/T 761-2008 Pesticide multiresidue screen methods for determination of organophosphorus pesticide organochlorine pesticides, pyrethroid pesticides and carbamate pesticides in vegetables and fruits [S].
- [8] GB/T 20769-2008 水果和蔬菜中450种农药及相关化学品残留量的测定液相色谱-串联质谱法[S]. GB/T 20769-2008 Determination of 450 pesticides and related chemical residues in fruits and vegetables-LC-MS-MS method [S].
- [9] GB2763-2014 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量

- [S]. GB2763-2014 National food safety standard maximum residue limits for pesticides in food [S].
- [10] 翟凤英, 杨晓光. 中国居民营养与健康状况调查报告之二 2002 膳食与营养素摄入状况[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006.
- Zhai FY, Yang XG. Nutrition and health survey of Chinese residents-2002 dietary and nutrient intake status [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2006.
- [11] 柴勇, 杨俊英, 李燕, 等. 基于食品安全指数法评估重庆市蔬菜中农药残留的风险[J]. 西南农业学报, 2010, 23(1): 98-102.
- Chai Y, Yang JY, Li Y, *et al.* Risk estimate of vegetables based on food safety indexes methods in Chongqing [J]. Southwest China J Agric Sci, 2010, 23(1): 98-102.
- [12] 王冬群, 岑伟烈, 马金金. 基于食品安全指数法评估慈溪市翠冠梨农药残留的风险[J]. 浙江农业科学, 2012, (5): 721-724.
- Wang DQ, Cen WL, Ma JJ. Risk estimate of pear based on food safety indexes methods in Cixi [J]. Zhejiang Agri Sci, 2012, (5): 721-724.
- [13] 黄月香, 刘丽, 培尔顿, 等. 北京市蔬菜农药残留及蔬菜生产

基地农药使用现状研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2008, (4): 319-321.

Huang YX, Liu L, Perdon, *et al.* Study on pesticide residue on fruits and vegetables in Beijing city and using status of pesticides in vegetables planting bases [J]. Chin J Food Hyg, 2008, (4): 319-321.

(责任编辑: 白洪健)

### 作者简介



李安, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品质量与安全。

E-mail: lionlian@126.com



潘立刚, 博士, 研究员, 主要研究方向为农药学。

E-mail: panlg@nercita.org.cn